

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2015.04.012

# 苹果蠹蛾性信息素对梨小食心虫的诱集和迷向作用

朱虹昱<sup>1,2,3</sup>, 徐 婧<sup>1</sup>, 张润志<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>中国科学院动物研究所动物进化与系统学院重点实验室, 北京 100101; <sup>2</sup>中国科学院动物研究所农业虫鼠害综合治理研究国家重点实验室, 北京 100101; <sup>3</sup>中国科学院大学, 北京 100049

**摘要:**【背景】在中国, 苹果蠹蛾和梨小食心虫经常混合发生, 但有关苹果蠹蛾迷向设置对梨小食心虫影响的研究却较少。【方法】在苹果蠹蛾和梨小食心虫同时发生的果园中设置 2 种迷向发散器, 使用三角胶粘式信息素诱捕器监测 2 种昆虫的发生动态, 以观察苹果蠹蛾性信息素是否会对梨小食心虫产生诱捕效果或类似的迷向作用。【结果】无论是否设置性信息素迷向发散器, 苹果蠹蛾性信息素诱捕器均能诱集到梨小食心虫的雄性成虫。在 2009~2011 年的田间试验中, 苹果蠹蛾性信息素诱捕器对梨小食心虫雄性成虫的诱集量最多能达梨小食心虫性信息素诱捕器的 1.1 倍, 占 2 种诱捕器诱集总量的 51.7%。在设置性信息素迷向发散器的果园中, 梨小食心虫雄性成虫的诱集量受苹果蠹蛾性信息素迷向发散器的影响而下降; 相比无迷向设置的对照果园, 同时设置 2 种昆虫迷向发散器的果园中, 苹果蠹蛾性信息素诱捕器内的梨小食心虫雄性成虫诱集总量最高下降了 90.9%, 梨小食心虫自身性信息素诱捕器内的梨小食心虫雄性成虫诱集总量最高下降了 92.4%; 在仅设置苹果蠹蛾性信息素迷向发散器的果园中, 苹果蠹蛾性信息素诱捕器内的梨小食心虫雄性成虫诱集总量最高下降了 87.5%, 梨小食心虫性信息素诱捕器内的梨小食心虫雄性成虫诱集总量最高下降了 60.6%。【结论与意义】苹果蠹蛾迷向发散器对于梨小食心虫雄性成虫存在“迷向”作用。在 2 种害虫同时发生的情况下使用 2 种迷向发散器, 对于 2 种害虫能够达到比较好的防治效果。

**关键词:** 梨小食心虫; 苹果蠹蛾; 性信息素; 诱捕; 迷向

## Mating disrupting and trapping effects of the codling moth sex pheromone on oriental fruit moth, *Grapholita molesta*

Hong-yu ZHU<sup>1,2,3</sup>, Jing XU<sup>1</sup>, Run-zhi ZHANG<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Key Laboratory of Zoological Systematics and Evolution, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; <sup>2</sup>State Key Laboratory of Integrated Pest Management of Pest Insects and Rodents, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; <sup>3</sup>University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

**Abstract:**【Background】In China, the oriental fruit moth (OFM), *Grapholita molesta* (Busck) and the codling moth (CM), *Cydia pomonella* (L.) often occur in orchards simultaneously. However, the impacts of CM sex pheromone mating disruption dispensers on trapping OFM which infests at the same time have not been observed.【Method】In two infested orchards, mating disruption for CM and OFM were performed, while sticky delta traps loaded with both sex pheromones were deployed to observe whether there were trappings and similar "mating disruption" effects of CM sex pheromone onto OFM male adults.【Result】The CM sex pheromone traps attracted male OFM adults, irrespective of the type of dispensers. In field trials between 2009 and 2011, CM traps caught as many male OFM as were lured by its own pheromone. Within orchards applied CM and OFM dispensers, lured OFM decreased by the performance of CM dispensers. OFM lured by CM traps mostly reduced by 90.9%, and OFM lured by OFM traps mostly reduced by 92.4%. Within orchards only applied CM dispensers, OFM lured by CM traps mostly reduced by 87.5%, and OFM lured by its own traps mostly reduced by 60.6%.【Conclusion and significance】CM pheromone dispensers also have a "mating disruption effect" on OFM. Applying both dispensers within infested orchards could improve the management of both pests.

**Key words:** oriental fruit moth; codling moth; sex pheromone; trapping; mating disruption

收稿日期(Received): 2015-06-08      接受日期(Accepted): 2015-11-02

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(200903042)

作者简介: 朱虹昱, 男, 博士。研究方向: 苹果蠹蛾监测与防控技术。E-mail: 47481331@qq.com

\* 通讯作者(Author for correspondence), E-mail: zhangrz@ioz.ac.cn

梨小食心虫 *Grapholita molesta* (Busck) 原产于我国西北部,但目前已和苹果蠹蛾 *Cydia pomonella* (L.) 一样成为世界性分布且同时危害核果和梨果类果实的害虫 (Rice & Kirsch, 1990; Rothschild & Vickers, 1991)。这 2 种昆虫曾被归为同一属 (*Grapholita* Treitschke, 1829), 目前均归属于卷蛾科 Tortricidae 新小卷蛾亚科 Olethreutinae 小食心虫族 Grapholitini, 其进化关系非常接近, 寄主非常类似 (张学祖, 1973; Geier, 1963; Rothschild & Vickers, 1991; Wearing & McLaren, 2001)。

以性信息素为媒介的监测和防治手段, 如诱捕和迷向等, 在蛾类害虫综合治理 (IPM) 中已得到广泛应用 (Witzgall *et al.*, 2010)。Riedl *et al.* (1990) 报道, 在桃园和苹果园中添加了苹果蠹蛾性信息素的梨小食心虫诱捕器中的梨小食心虫雄性成虫诱捕量分别是单独梨小诱芯诱捕数量的 1.9 和 7.2 倍。Allred (1995) 通过田间试验发现, 在梨小食心虫信息素中添加人工合成的苹果蠹蛾信息素后, 梨小食心虫雄性成虫诱集量显著高于其他处理; 苹果蠹蛾雌性成虫的存在也能提高梨小食心虫的诱集量, 但效果不及添加苹果蠹蛾性信息素。风洞试验结果表明, 添加苹果蠹蛾合成性信息素的梨小食心虫信息素能提高梨小食心虫振翅 (Wing fanning)、飞行 (Flight) 以及直接接触 (Contact) 等交配行为反

应成虫的数量, 且添加较低剂量效果更显著 (Allred, 1995)。Evenden & McClaughlin (2005) 发现, 混合信息素成分能够同时诱集苹果蠹蛾和梨小食心虫, 增加苹果蠹蛾诱集量但降低梨小食心虫的诱集量; 同时, 混合信息素成分能够增加梨小食心虫的信息素接触行为反应比例。

多年来, 使用迷向方法针对梨小食心虫进行的防治研究取得了较好的效果 (Cardé *et al.*, 1977; Il'ichev *et al.*, 2006、2007; Vickers *et al.*, 1985), 但有关苹果蠹蛾性信息素对于梨小食心虫诱捕量影响的研究较少。为此, 本研究主要调查在设置 2 种昆虫迷向发散器的果园中 2 种诱捕器对梨小食心虫的诱捕数量, 并探讨迷向设置对于防治效果的具体影响。

1 材料与方法

1.1 试验时间与地点

试验于 2009~2011 年进行, 试验地点位于新疆维吾尔自治区阿克苏市、甘肃省张掖市和宁夏回族自治区中卫市, 共计 18 个处理区域 (新疆 13 个、甘肃 3 个、宁夏 2 个; 表 1~2)。其中包括 5 个设置对照的迷向处理组 (表 1), 剩余则为监测梨小食心虫诱捕效果的处理 (仅 2009 年; 表 2)。

表 1 迷向及诱捕器设置情况

Table 1 Mating disruption (MD) and traps set-ups for trials

| 年份<br>Year | 地点<br>Location       | 处理组<br>Group | 目标生物<br>Target species | 果园编号<br>Orchard | 迷向/对照<br>MD/CK | 面积<br>Area (hm <sup>2</sup> ) | 发散器数量(个·hm <sup>-2</sup> )<br>Dispensers per hectare | 诱捕器数量(个)*<br>Number of traps |
|------------|----------------------|--------------|------------------------|-----------------|----------------|-------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------|
| 2009       | 新疆阿克苏<br>Akesu, XJ   | 1            | CM+OFM                 | CL              | 迷向 MD1         | 0.64                          | 380                                                  | 12/9                         |
|            |                      |              |                        | LG1             | 对照 CK          | 0.67                          | —                                                    | 20/20                        |
|            |                      | 2            | CM+OFM                 | AB              | 迷向 MD2         | 0.67                          | 270                                                  | 12/10                        |
|            |                      |              |                        | WD              | 对照 CK          | 0.60                          | —                                                    | 10/10                        |
|            |                      | 3            | CM+OFM                 | TG1             | 迷向 MD3         | 1.33                          | 250                                                  | 6/6                          |
|            |                      |              |                        | TG1C            | 对照 CK          | 0.07                          | —                                                    | 5/5                          |
| 2010       | 甘肃张掖<br>Zhangye, GS  | 4            | CM                     | JGM1            | 迷向 MD4         | 1.27                          | 647                                                  | 15/15                        |
|            |                      |              | CM+OFM                 | JGM2            | 迷向 MD5         | 2.11                          | 612                                                  | 22/22                        |
|            |                      |              |                        | JGC             | 对照 CK          | 0.36                          | —                                                    | 3/3                          |
| 2011       | 宁夏中卫<br>Zhongwei, NX | 5            | CM                     | SCM             | 迷向 MD6         | 2.67                          | 602                                                  | 45/45                        |
|            |                      |              |                        | SCC             | 对照 CK          | 1.00                          | —                                                    | 8/8                          |

CM 指苹果蠹蛾, OFM 指梨小食心虫。\* 该列中“/”前、后分别为苹果蠹蛾性信息素诱捕器、梨小食心虫性信息素诱捕器的布设数量。  
CM is *Cydia pomonella*, OFM is *Grapholita molesta*. \* The number of laying traps before “/” after respectively for codling moth sex pheromone traps and pear moth sex pheromone trap.

1.2 迷向设置

田间迷向处理使用了 4 种迷向发散器。来自北

京中捷四方生物科技有限公司的 3 种发散器分别针对苹果蠹蛾、梨小食心虫以及同时针对该 2 种昆虫; 来自深圳 Bioglobal 公司的一种发散器 (Isomate-C) 则

单独针对苹果蠹蛾。前 3 种迷向发散器于 2009~2011 年应用于新疆、甘肃以及宁夏的试验果园,最后一种则仅于 2010 年应用于甘肃的试验果园。

表 2 2009 年梨小食心虫诱集监测区域设置(新疆阿克苏)  
Table 2 Monitoring trapping OFM set-ups in 2009 (Akesu, XJ)

| 果园编号<br>Orchard | 面积<br>Area (hm <sup>2</sup> ) | 诱捕器数量(个) Number of traps |           |
|-----------------|-------------------------------|--------------------------|-----------|
|                 |                               | 苹果蠹蛾 CM                  | 梨小食心虫 OFM |
| LG2             | 0.47                          | 10                       | 12        |
| GM              | 1.73                          | 3                        | 3         |
| YL              | 1.47                          | 44                       | 44        |
| TG2             | 0.53                          | 4                        | 4         |
| SF              | 2.67                          | 27                       | 27        |
| SL              | 0.60                          | 16                       | 16        |
| HQ              | 1.33                          | 26                       | 26        |

### 1.3 诱捕装置

性信息素诱捕器的作用有 2 个方面:(1)监测梨小食心虫雄性成虫的发生动态;(2)验证迷向处理对于梨小食心虫是否存在效果。

在所有区域内按照 15 个·hm<sup>-2</sup>的密度悬挂载有 2 种昆虫性信息素诱芯的三角胶粘式诱捕器(北京中捷四方生物科技有限公司)。诱捕器中设置的中空反口橡皮塞诱芯由中国科学院动物研究所研制生产(国家专利公开号:CN201217257),每个诱芯含性信息素 1 mg(美国 BRI 公司 Bedoukian Research Inc.)。每周定期调查雄性成虫诱捕数量,并定期维护。

### 1.4 数据统计分析

根据诱捕数据计算单个诱捕器在整个生长季内的平均净诱捕量。采用 SPSS 19.0 统计分析软件中的独立样本 *t* 检验(Independent-sample *t*-test)及单因素方差分析(One-way ANOVA)比较分析各处理的平均净诱捕量,确定处理之间的差异显著性。使用邓肯氏新复极差法在显著性水平为 0.05 时进行分组比较检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 诱捕效果

在所有试验区域中,苹果蠹蛾性信息素诱捕器平均诱集量占 2 种诱捕器总诱集量的 16.3%,范围为 0.2%~51.7%。2009 年,苹果蠹蛾性信息素诱捕器中梨小食心虫的平均诱集比例为 2.2%,范围为 0.2%~5.9%;2010 和 2011 年,平均诱集比例分别为 4.7%和 44.0%,最高诱集比例分别达 10.4%和

51.7%。在迷向区域中,苹果蠹蛾性信息素诱捕器中梨小食心虫的平均诱集比例为 8.9%,范围为 0.4%~36.4%;在无迷向区域中,平均诱集比例为 7.8%(表 3)。

梨小食心虫自身性信息素诱捕器内诱集到的成虫数量占 2 种诱捕器总诱集量的平均比例为 89.1%,最高甚至达到 99.8%(表 3)。

表 3 苹果蠹蛾信息素诱捕器和梨小食心虫信息素诱捕器对梨小食心虫的诱集数量  
Table 3 The attraction of male adults of the oriental fruit moth *G. molesta* to pheromones of the codling moth vs. the oriental fruit moth

| 处理<br>Treatment | 年份<br>Year | 果园编号<br>Orchard | 平均诱捕量(头)<br>Average number of trapped OFM male adults |                         |
|-----------------|------------|-----------------|-------------------------------------------------------|-------------------------|
|                 |            |                 | CM 诱捕器<br>In CM traps                                 | OFM 诱捕器<br>In OFM traps |
| 诱捕<br>Trapping  | 2009       | LG2             | 0.4±0.1a                                              | 7.8±1.7a                |
|                 |            | GM              | 0.2±0.1a                                              | 107.3±16.6d             |
|                 |            | YL              | 0.1±0.0a                                              | 4.0±1.4a                |
|                 |            | TG2             | 2.8±1.3c                                              | 45.6±6.4bc              |
|                 |            | SF              | 0.1±0.0a                                              | 5.4±0.7a                |
|                 |            | SL              | 0.3±0.2a                                              | 13.0±1.9a               |
|                 |            | HQ              | 0.1±0.0a                                              | 9.9±1.5a                |
| 迷向 MD1          | 2009       | CL              | 0.0±0.0a                                              | 2.1±0.4a                |
| 对照 CK           |            | LG1             | 0.2±0.1a                                              | 9.8±1.6a                |
| 迷向 MD2          |            | AB              | 0.0±0.0a                                              | 0.5±0.1a                |
| 对照 CK           | 2010       | WD              | 0.0±0.0a                                              | 6.9±1.3a                |
| 迷向 MD3          |            | TG1             | 1.1±1.1ab                                             | 23.0±21.2ab             |
| 对照 CK           |            | TG1C            | 1.0±0.4ab                                             | 55.2±10.1c              |
| 迷向 MD4          |            | JGM1            | 0.0±0.0a                                              | 2.3±0.3a                |
| 迷向 MD5          |            | JGM2            | 0.0±0.0a                                              | 0.2±0.1a                |
| 对照 CK           |            | JGC             | 0.1±0.1a                                              | 2.2±0.3a                |
| 迷向 MD6          | 2011       | SCM             | 0.4±0.1a                                              | 0.9±0.2a                |
| 对照 CK           |            | SCC             | 2.0±0.4ab                                             | 2.6±0.4a                |

同列数据后附不同字母者表示经邓肯氏新复极差法分析在 0.05 水平上差异显著。  
Numbers with different letters indicate significatn differences at *p*< 0.05 level by Duncan's multiple range test.

### 2.2 迷向对诱捕量的影响

2 种昆虫性信息素诱捕器内梨小食心虫雄性成虫的诱集数量会随迷向设置而降低(表 3、图 1)。在 6 个迷向区域中,苹果蠹蛾性信息素诱捕器内梨小食心虫的诱集数量最高降低了 90.9%(2009 MD1; *t*=-2.782, *P*<0.01)。2010 年 2 个迷向区域的梨小食心虫诱集数量与对照区相比分别降低了 87.5%和 68.8%(*t*<sub>1</sub>=-1.317, *P*<sub>1</sub>=0.195; *t*<sub>2</sub>=-0.990, *P*<sub>2</sub>=0.328)。2011 年迷向区域中的梨小食心虫诱集数量与对照区相比降低了 78.9%(*t*=-2.109, *P*=0.042<0.05)。

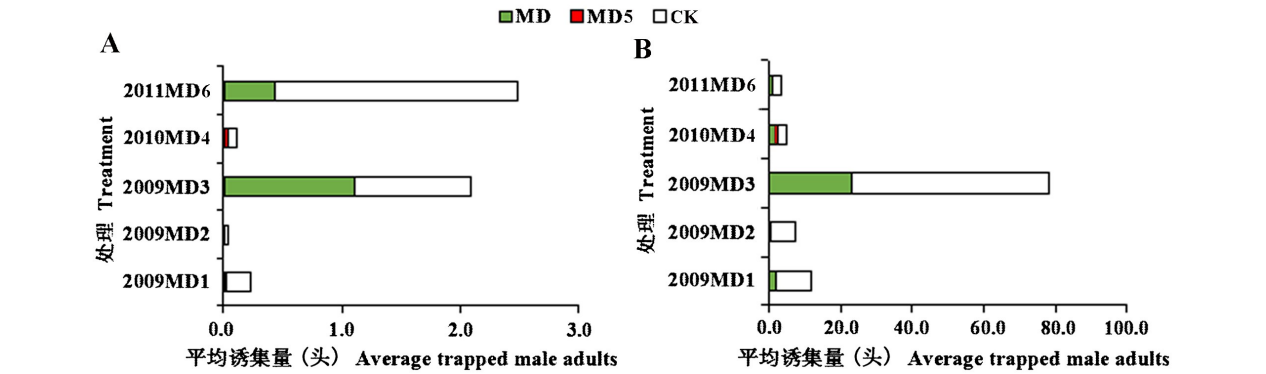


图 1 迷向与对照周平均梨小食心虫诱集量

Fig.1 Average weekly lured OFM with or without MD dispensers treatments

A:CM 诱捕器;B:OFM 诱捕器。

A: CM traps; B: OFM traps.

在梨小食心虫性信息素诱捕器内,梨小食心虫雄性成虫的诱集数量由于迷向最高降低了 92.4% (2009 MD2;  $t=-4.864$ ,  $P<0.01$ )。2011 年,苹果蠹蛾单独性信息素迷向区域内梨小食心虫诱集数量与对照区相比降低了 60.6% ( $t=-1.572$ ,  $P=0.124$ ) (表 3、图 1)。

2.3 总体诱捕量比较

将全部区域 2 种性信息素诱捕器的梨小食心

虫诱集数据进行总体 ANOVA 比较,可以看出:(1) 苹果蠹蛾性信息素诱捕器中,大多数区域内梨小食心虫的诱集数量都相似;(2) 梨小食心虫性信息素诱捕器内,最高成虫诱集量发生在无迷向区域中,迷向及对照区域仅有一组成虫诱集量显著高于其他无迷向区域(表 3)。不同诱捕器间的独立样本  $t$  检验结果表明,在大多数处理区域内,2 种诱捕器诱集到的梨小食心虫数量有明显差异(表 4)。

表 4 2 种诱捕器内梨小食心虫诱集数量的  $t$  检验结果

Table 4  $t$  test results of number of lured OFM in CM and OFM traps

| 年份<br>Year | 果园编号<br>Orchard | $t$ 值<br>$t$ value | $p$ 值(双尾)<br>$p$ -value (2-tails) | 年份<br>Year | 果园编号<br>Orchard | $t$ 值<br>$t$ value | $p$ 值(双尾)<br>$p$ -value (2-tails) |
|------------|-----------------|--------------------|-----------------------------------|------------|-----------------|--------------------|-----------------------------------|
| 2009       | CL              | -5.075             | <0.001                            | 2009       | SF              | -7.231             | <0.001                            |
|            | LG1             | -5.870             | <0.001                            |            | SL              | -5.254             | <0.001                            |
|            | LG2             | -4.322             | <0.001                            |            | HQ              | -5.410             | <0.001                            |
|            | GM              | -6.465             | <0.001                            | 2010       | JGM1            | -7.132             | <0.001                            |
|            | YL              | -2.490             | 0.017                             |            | JGM2            | -1.601             | 0.117                             |
|            | AB              | -3.619             | 0.001                             |            | JGC             | -6.195             | <0.001                            |
|            | WD              | -5.269             | <0.001                            | 2011       | SCM             | -0.925             | 0.361                             |
|            | TG1             | -1.030             | 0.316                             |            | SCC             | 0.133              | 0.895                             |
|            | TG1C            | -5.122             | <0.001                            |            |                 |                    |                                   |
|            | TG2             | -5.876             | <0.001                            |            |                 |                    |                                   |

3 讨论

3.1 结果说明

2009 年迷向设置区域 TG1 的苹果蠹蛾性信息素诱捕器内梨小食心虫诱捕量高于对照区域 (TG1C)。其原因可能是该对照区本身不规则,是围绕着 TG1 果园外围分布的长条形区域。由于迷向的“边界效应”,在该区域中布设的 2 种性信息素诱捕器会诱集到更多的梨小食心虫。

2010 年苹果蠹蛾性信息素单独迷向区域

(JGM1)内梨小食心虫诱捕器的梨小食心虫诱捕量与对照区 (JGC) 相似 ( $t=0.210$ ,  $P=0.834$ )。其原因在于该区域仅设置了苹果蠹蛾的迷向剂而未设置梨小食心虫的迷向剂。

另外,试验中观察到了梨小食心虫性信息素诱捕器内诱集到苹果蠹蛾成虫的现象,但数量仅有 1 头 (SCM)。这说明梨小食心虫性信息素成分对于苹果蠹蛾雄性成虫没有反向引诱作用,同时确定了试验设置中不存在剂型之间的污染对结果的干扰。



### 3.2 迷向设置前后的诱集数量变化

所有的迷向处理均进行了 2 次,以控制中后期的蛀果危害。在第 1 次迷向设置之后梨小食心虫雄性成虫口数量显著下降。但如果果园本身虫口密度较高,再加上生长季中后期的自然增高,那么配合其他防治方法进行压制是必要的,这一观点也被 Cardé & Minks (1995) 所确认。

### 3.3 “异种”迷向的可能原因

Cardé & Minks (1995) 指出,迷向的机理可能包括适应驯化、竞争吸引以及气味伪装(掩盖)等几个类型,且该虫在接触其自身信息素气味的过程中可能已发生了适应和驯化。Miller *et al.* (2010) 证明了苹果蠹蛾迷向的完整过程包括性信息素迷向制剂的竞争结合和对于雄性成虫的失活,并从信号感受相关信号通路以及酶的相互作用方面进行了确认。Baker & Cardé (1979) 曾认为,梨小食心虫是无法被高剂量的信息素所吸引的 2 种蛾类之一。Stelinski *et al.* (2005) 和 Miller *et al.* (2006) 猜测,梨小食心虫迷向并非由竞争吸引所导致。Reinke *et al.* (2013) 通过试验确认了梨小食心虫在高释放量的发散器设置下,迷向机理并非竞争吸引。

苹果蠹蛾和梨小食心虫 2 种害虫信息素的主要成分结构极其相似,主链碳原子数均为 12 个,均属长链烷烃衍生物类,是结构较为简单的昆虫信息素类型。苹果蠹蛾信息素为共轭二烯醇,而梨小食心虫信息素为单烯醇乙酸酯和单烯醇等,两者最主要成分仅有一对共价双键和衍生化合物的末端基团存在差别(Cardé *et al.*, 1979; McDonough & Moffitt, 1974; Roelofs & Comeau, 1969; Roelofs *et al.*, 1971)。很多研究证实,苹果蠹蛾次要性信息素成分十二醇的微量添加能造成其较为明显的诱捕效果差异(Einhorn *et al.*, 1984、1986; El-Sayed *et al.*, 1999; Witzgall *et al.*, 2001)。因此,包括十二醇在内的多个在 2 个物种间共享的次要信息素成分对于梨小食心虫的诱集效果可能有着重要的影响,这也是在两者共同危害的果园中同时进行迷向处理时很可能发生的情况。

Baker & Cardé (1979) 曾经通过试验得到,梨小食心虫 3 种主要信息素成分 Z-8-dodecenyl acetate、E-8-dodecenyl acetate 和 Z-8-dodecenyl alcohol 同时存在的条件下,其成虫的行为反应最为强烈,

高于任何 2 种成分的组合和单独的某种成分。他们指出,如果要达到最好的梨小食心虫迷向效果,那么仅仅使用标准浓度的高纯度合成信息素是不够的,因为某一种组分含量的不同能够明显影响雄性成虫的行为反应。Z-8-dodecenyl alcohol 作为商用梨小食心虫迷向制剂增效的重要添加成分(Charlton & Cardé, 1981),在高剂量的条件下对于梨小食心虫雄性成虫反而存在诱集抑制作用(Han *et al.*, 2001; Riedl *et al.*, 1990; Roelofs & Cardé, 1974; Roelofs *et al.*, 1973)。

Allred (1995) 研究表明,添加苹果蠹蛾性信息素主成分 E, E-8, 10-dodecadien-1-ol 的梨小食心虫信息素对于梨小食心虫的触角电位反应明显不同于单独使用其自身性信息素。这说明梨小食心虫诱集量升高的原因可能在于其信号感受细胞和神经通路被苹果蠹蛾性信息素所影响。

**致谢:** 感谢孙世国、蒲崇建、姜红霞、张建朝、张增福、蒋旭东和周红玲等农林业及植保植检部门领导老师对于本试验的大力支持。感谢北京中捷四方生物科技有限公司的崔艮中先生提供试验材料,感谢甘肃农业科学院的罗进仓老师免费提供 Bioglobal 发散器以及使用技术。另外,中国科学院动物研究所外来物种鉴定与控制研究组的任立和王志良老师在试验设计、准备以及进行过程中提供了各种帮助,在此一并感谢。

### 参考文献

- 张学祖. 1973. 梨小食心虫在新疆的发现. 新疆农业科技, (5): 14-17.
- Allred D B. 1995. Responses of Males to A Pheromone Blend of Female Oriental Fruit Moth with and without E8, E10-dodecadien-1-ol, A Pheromone Component of Codling Moth (Lepidoptera: Tortricidae). Corvallis: Oregon State University.
- Baker T C and Cardé R T. 1979. Analysis of pheromone-mediated behaviors in male *Grapholitha molesta*, the oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae). *Environmental Entomology*, 8: 956-968.
- Cardé A M, Baker T C and Cardé R T. 1979. Identification of a four-component sex pheromone of the female oriental fruit moth, *Grapholitha molesta* (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Chemical Ecology*, 5: 423-427.
- Cardé R T, Baker T C and Castrovillo P J. 1977. Disruption of sexual communication in *Laspeyresia pomonella* (codling moth),

- Grapholitha molesta* (oriental fruit moth) and *G.prunivora* (less-er appleworm) with hollow fiber attractant sources. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 22: 280–288.
- Cardé R T and Minks A K. 1995. Control of moth pests by mating disruption — Successes and constraints. *Annual Review of Entomology*, 40: 559–585.
- Charlton R and Cardé R. 1981. Comparing the effectiveness of sexual communication disruption in the oriental fruit moth (*Grapholitha molesta*) using different combinations and dosages of its pheromone blend. *Journal of Chemical Ecology*, 7: 501–508.
- Einhorn J, Beauvais F, Gallois M, Descoins C and Causse R. 1984. Secondary components of the codling moth (*Cydia pomonella* L.) (Lepidoptera, Tortricidae) sex pheromone. *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences Serie 3 Sciences de la Vie*, 299.
- Einhorn J, Witzgall P, Audemard H, Boniface B and Causse R. 1986. Secondary components of the codling moth (*Cydia pomonella* L.) (Lepidoptera, Tortricidae) sex pheromone. 2. First results on the behavioural effects. *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences Serie 3 Sciences de la Vie*, 302.
- El-Sayed A, Bengtsson M, Rauscher S, Lofqvist J and Witzgall P. 1999. Multicomponent sex pheromone in codling moth (Lepidoptera: Tortricidae). *Environmental Entomology*, 28: 775–779.
- Evenen M L and McClaughlin J R. 2005. Male oriental fruit moth response to a combined pheromone-based attracticide formulation targeting both oriental fruit moth and codling moth (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Economic Entomology*, 98: 317–325.
- Geier P. 1963. The life history of codling moth, *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae), in the Australian Capital Territory. *Australian Journal of Zoology*, 11: 323–367.
- Han K S, Jung J K, Choi K H, Lee S W and Boo K S. 2001. Sex pheromone composition and male trapping of the oriental fruit moth, *Grapholitha molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) in Korea. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 4: 31–35.
- Il'ichev A L, Stelinski L L, Williams D G and Gut L J. 2006. Sprayable microencapsulated sex pheromone formulation for mating disruption of oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae) in Australian peach and pear orchards. *Journal of Economic Entomology*, 99: 2048–2054.
- Il'ichev A L, Williams D G and Gut L J. 2007. Dual pheromone dispenser for combined control of codling moth *Cydia pomonella* L. and oriental fruit moth *Grapholitha molesta* (Busck) (Lep., Tortricidae) in pears. *Journal of Applied Entomology*, 131: 368–376.
- McDonough L M and Moffitt H R. 1974. Sex pheromone of the codling moth. *Science*, 183: 978.
- Miller J R, Gut L J, Lame F M and Stelinski L L. 2006. Differentiation of competitive vs. non-competitive mechanisms mediating disruption of moth sexual communication by point sources of sex pheromone (Part I): theory 1. *Journal of Chemical Ecology*, 32: 2089–2114.
- Miller J R, McGhee P S, Siegert P Y, Adams C G, Huang J and Grieshop M J. 2010. General principles of attraction and competitive attraction as revealed by large-cage studies of moths responding to sex pheromone. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107: 22–27.
- Reinke M D, Siegert P Y, McGhee P S, Gut L J and Miller J R. 2013. Pheromone release rate determines whether sexual communication of oriental fruit moth is disrupted competitively vs. non-competitively. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 150: 1–6.
- Rice R and Kirsch P. 1990. Mating disruption of oriental fruit moth in the United States//Ridgway R, Silverstein R and In-scoe M. *Behavior-modifying Chemicals for Insect Management*. New York: Marcel Dekker, 193–211.
- Riedl H, Song Y, Barnett W W and Gaggero J. 1990. Synergism of the Pheromone Response of Oriental Fruit Moth (Lepidoptera: Tortricidae) by (E, E)-8, 10-dodecadien-1-ol. Hood River, USA: OR.
- Roelofs W L and Cardé R T. 1974. Oriental fruit moth and less-er appleworm attractant mixtures refined. *Environmental Entomology*, 3: 586–588.
- Roelofs W L, Cardé R T and Tette J P. 1973. Oriental fruit moth attractant synergists. *Environmental Entomology*, 2: 252–254.
- Roelofs W L and Comeau A. 1969. Sex pheromone specificity: taxonomic and evolutionary aspects in Lepidoptera. *Science*, 165: 398–400.
- Roelofs W L, Comeau A, Hill A and Milicevic G. 1971. Sex attractant of the codling moth: characterization with electroantennogram technique. *Science*, 174: 297–299.
- Rothschild G and Vickers R. 1991. Biology, ecology and control of the oriental fruit moth//Geest L P S and Evenhuis H H. *Tortricid Pests: Their Biology, Natural Enemies and Control*. World Crop Pests. 5. Amsterdam, the Netherlands: Elsevier, 389–412.
- Stelinski L L, Gut L J, Ketner K C and Miller J R. 2005. Orientational disruption of codling moth, *Cydia pomonella* (L.)

(Lep., Tortricidae), by concentrated formulations of micro-encapsulated pheromone in flight tunnel assays. *Journal of Applied Entomology*, 129(9-10): 481-488.

Vickers R A, Rothschild G H L and Jones E L. 1985. Control of the oriental fruit moth, *Cydia molesta* (Busek) (Lepidoptera: Tortricidae), at a district level by mating disruption with synthetic female pheromone. *Bulletin of Entomological Research*, 75: 625-634.

Wearing C H and McLaren G F. 2001. Evidence that sweet cherry, *Prunus avium* L. is not a host of codling moth, *Cydia pomonella*, (Lepidoptera: Tortricidae). *Crop Protection*, 20: 571-579.

Witzgall P, Bengtsson M, Rauscher S, Liblikas I, Bäckman A C and Coracini M. 2001. Identification of further sex pheromone synergists in the codling moth, *Cydia pomonella*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 101: 131-141.

Witzgall P, Kirsch P and Cork A. 2010. Sex pheromones and their impact on pest management. *Journal of Chemical Ecology*, 36: 80-100.

(责任编辑:杨郁霞)

更正声明

本刊 2015 年 8 月第 24 卷第 3 期第 125~126 页,由于我部统稿时的排版失误,误删了 3.1 节的内容,现予以增补,具体如下:

3 口岸检疫要点

3.1 现场检疫要有针对性

柜装原木须卸货查验,在集装箱门口及地板仔细查找有无爬落的害虫;对原木的四周进行查看,注意查找有无虫孔和虫害的痕迹;带皮的原木要扒开树皮检查是否有树皮小蠹、对原木木质部带有坑道及长有真菌的,应注意检查有无食菌小蠹;截获的害虫和抽取的样本要及时送实验室检验。对大宗散装入境原木卸货要根据疫情风险来堆放,风险高的货要单独堆放。欧洲、南美来的原木,在境外基本上是采用喷洒药水的检疫处理方式,处理效果差,携带活虫几率很高。而非洲来的原木,熏蒸处理效果较差,常携带林木害虫。这类风险高的货物不得与其他批次混放,堆垛高度不宜过高,防止需要熏蒸处理时再次进行移垛造成费用、增加货主负担(洪树毅等,2000)。

特此声明!

生物安全学报编辑部  
2015 年 10 月 23 日

